

**No English titl available.**

Patent Number:  FR2728721  
Publication date: 1996-06-28  
Inventor(s): FAYE OLIVIER A; CHILLET CHRISTIAN L; YONNET JEAN PAUL  
Applicant(s): EUROP PROPULSION (FR)  
Requested Patent:  EP0752152 (WO9620488), B1  
Application Number: FR19940015694 19941227  
Priority Number(s): FR19940015694 19941227  
IPC Classification: H01F7/06; F16K31/06  
EC Classification: H01F7/13, H01F7/14, H01F7/16A, H01H50/42  
Equivalents: DE69517308D, DE69517308T,  WO9620488

---

**Abstract**

---

A magnetic actuator for adhering a moving piece (36) to a pole piece (38) separated therefrom by an air gap when an electrical circuit (34) is excited, at least one intermediate piece (42) being movably arranged in said air gap between the moving piece and the pole piece, and defining, in the absence of excitation (inoperative state), gaps (e1, e2) between the intermediate piece(s) and the moving piece and the pole piece respectively, these gaps being air gaps for the magnetic flux. Means (44, 64, 74) for limiting the travel of the intermediate piece (42) are provided for holding said intermediate piece in the inoperative position in which this piece (42), the pole piece (38) and the moving piece (36) are fixed and separated by said air gaps. Said means for limiting the travel of the intermediate piece preferably consist of a piece made of non-magnetic material.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

---



(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 752 152 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**31.05.2000 Bulletin 2000/22**

(51) Int Cl.7: **H01F 7/13, H01F 7/16,**  
**H01F 7/14, H01H 50/42**

(21) Numéro de dépôt: **95943267.5**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR95/01723**

(22) Date de dépôt: **22.12.1995**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 96/20488 (04.07.1996 Gazette 1996/30)**

(54) ACTIONNEUR MAGNETIQUE A ENTREFERS MULTIPLES

MAGNETISCHER BETÄTIGER MIT MEHRFACH LUFTSPALTEN  
MULTI-AIR GAP MAGNETIC ACTUATOR

(84) Etats contractants désignés:  
**DE GB IT**

- CHILLET, Christian  
F-38170 Seyssinet-Pariset (FR)
- YONNET, Jean-Paul  
F-38240 Meylan (FR)

(30) Priorité: **27.12.1994 FR 9415694**

(74) Mandataire: Thévenet, Jean-Bruno et al  
Cabinet Beau de Loménie  
158, rue de l'Université  
75340 Paris Cédex 07 (FR)

(43) Date de publication de la demande:  
**08.01.1997 Bulletin 1997/02**

(56) Documents cités:  
**DE-A- 2 807 451 DE-A- 3 844 412**

(73) Titulaire: SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE  
CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION,  
"S.N.E.C.M.A."  
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:  
• FAYE, Olivier  
F-27950 La Chapelle-Reanville (FR)

EP 0 752 152 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, tout personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**Description****DOMAINE DE L'INVENTION**

**[0001]** La présente invention concerne un actionneur magnétique destiné aux applications requérant des courses longues et un effort d'appel important.

**ART ANTERIEUR**

**[0002]** Classiquement, dans les commandes de dispositifs d'étanchéité où les phénomènes d'usure de joints et d'équilibrage de la pression sont primordiaux, il est fondamental de disposer à la fois d'une réserve d'effort suffisante pour permettre l'ouverture du dispositif et d'une course importante pour favoriser la section de passage du fluide. Or, dans le cas de l'utilisation d'un électroaimant courant (c'est à dire muni d'un simple entrefer), ces deux types de contraintes conduisent à dimensionner cet électroaimant, constituant l'actionneur du dispositif d'étanchéité, en fonction de la force maximale à délivrer lors de la mise en courant (c'est à dire lorsque l'entrefer est maximal). Il en résulte un sur-dimensionnement conséquent de l'actionneur dont l'accroissement de taille et de masse entraîne une majoration de l'énergie dissipée et corrélativement une augmentation des coûts du dispositif. Un dispositif magnétique à commande tout ou rien est toutefois connu de la demande de brevet DE 3844412.

**DESCRIPTION DE L'INVENTION**

**[0003]** La présente invention a pour objet un actionneur magnétique qui pallie les inconvénients de l'art antérieur en procurant un dispositif plus performant, c'est à dire permettant l'obtention soit d'une force d'appel lors de la mise en courant nettement supérieure pour une course équivalente soit d'une course supérieure pour une force d'appel identique.

**[0004]** Ce but est atteint par un actionneur magnétique conforme à la revendication 1.

**[0005]** Lorsque l'actionneur selon l'invention comporte deux pièces intermédiaires, celles-ci définissent au repos un premier entrefer e1 entre la pièce polaire et la première pièce intermédiaire, un second entrefer e2 entre cette pièce intermédiaire et la seconde pièce intermédiaire et un troisième entrefer e3 entre la seconde pièce intermédiaire et la pièce mobile. En outre, une pièce faite en un matériau amagnétique est destinée à maintenir la ou les pièces intermédiaires dans la position de repos dans laquelle cette ou ces pièces intermédiaires ainsi que la pièce polaire et la pièce mobile sont fixes et séparées par lesdits entrefers.

**[0006]** Par la présence de la ou des pièces intermédiaires, il est ainsi possible sans accroissement sensible de la taille de l'actionneur d'obtenir un dispositif possédant une plus grande course ou un effort d'attraction plus important.

**[0007]** De même, un actionneur magnétique, destiné à la commande d'un arbre de transmission d'un mouvement t muni d'un circuit magnétique dont l'excitation tend à provoquer le collage d'un noyau mobile contre une pièce polaire dont il est séparé par un entrefer, peut comporter en outre au moins une pièce intermédiaire disposée dans cet entrefer et pouvant se déplacer entre le noyau et la pièce polaire tout en définissant au moins deux entrefers avec ces deux éléments, en l'absence d'excitation du circuit magnétique.

**[0008]** Dans un mode de réalisation préférentiel, un tel actionneur comporte un circuit magnétique tubulaire à l'intérieur duquel sont disposés coaxialement à la fois un noyau mobile et une pièce polaire fixe tout en définissant entre ces deux éléments coaxiaux un premier espace dans le sens axial, le noyau et la pièce polaire étant percés selon leur axe longitudinal pour recevoir un arbre de transmission du mouvement, caractérisé en ce que le diamètre externe de l'arbre présente une dimension supérieure sur une partie d'extrémité s'étendant sur une partie de la paroi interne de la pièce polaire de telle sorte qu'il est créé un espace annulaire complémentaire entre la surface externe de l'arbre non surdimensionnée et la partie de la paroi de la pièce polaire qui n'est pas en contact avec cet arbre, cet espace complémentaire pouvant recevoir une pièce intermédiaire annulaire en forme de T dont l'embase de plus grand diamètre s'étend dans ledit premier espace et qui est libre de coulisser d'une part intérieurement le long de l'arbre et d'autre part extérieurement le long de la pièce polaire.

**[0009]** Dans une première configuration, la pièce intermédiaire comporte sur la surface périphérique de son embase un épaulement destiné à venir en butée contre un épaulement correspondant d'une bague faite en un matériau amagnétique et disposée dans le premier espace contre la paroi interne du circuit magnétique. Dans une seconde configuration dans laquelle la pièce intermédiaire en forme de T est remplacée par une pièce intermédiaire en forme de Y avec une embase à surfaces coniques, c'est l'extrémité de cette embase qui est destinée à venir en butée contre un épaulement de cette bague. L'arbre comporte une épaulement coopérant avec un épaulement complémentaire du noyau de telle sorte qu'il puisse être réalisé une transmission du mouvement entre ces deux éléments.

**[0010]** De préférence, l'arbre comporte sur une partie de sa longueur en contact avec le noyau un diamètre externe de dimension moindre correspondant avec un diamètre également réduit de ce noyau.

**[0011]** Avantageusement, une carcasse métallique recouvre les surfaces externes du circuit magnétique et de la pièce polaire ainsi qu'une partie de la paroi interne de ce circuit magnétique disposée en regard du noyau.

**[0012]** En l'absence d'excitation du circuit magnétique, l'arbre est soumis à une force de rappel obtenue par l'action d'un ressort dont une extrémité est solidaire de cet arbre et dont l'autre extrémité prend appui sur

une paroi externe de l'actionneur.

[0013] L'actionneur est particulièrement adapté à la réalisation d'électrovannes comme par exemple des vérins magnétiques.

#### BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0014] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux de la description suivante, faite à titre indicatif et non limitatif, en regard des dessins annexés, sur lesquels:

- la figure 1 montre un exemple d'une électrovanne munie d'un actionneur magnétique selon l'invention,
- les figures 2, 3 et 4 montrent le circuit magnétique de l'actionneur de la figure 1 dans trois positions distinctes de fonctionnement: au repos, dans une position intermédiaire et au collage,
- la figure 5 est une première variante de réalisation de l'actionneur magnétique selon l'invention présentant des surfaces de contact coniques,
- la figure 6 est une seconde variante de réalisation de l'actionneur magnétique selon l'invention présentant deux pièces intermédiaires,
- les figures 7 à 9 montrent un exemple d'application de l'invention à un actionneur du type à palette,
- les figures 10 à 12 montrent un autre exemple d'application de l'invention à un actionneur du type à relais,
- la figure 13 représente deux courbes montrant la relation existant entre la force d'attraction et la course pour un actionneur classique et un actionneur selon l'invention.

#### DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

[0015] La figure 1 montre un exemple de réalisation d'une électrovanne à deux voies munie d'un actionneur magnétique selon l'invention. Pour une meilleure compréhension du fonctionnement de l'actionneur, la figure 1 montre l'électrovanne dans ses deux positions extrêmes de fonctionnement (au repos (coupe de droite) et au collage (coupe de gauche)). Cette électrovanne comporte d'une part un corps cylindrique 10 destiné à recevoir l'actionneur et d'autre part des canaux d'entrée 12 et de sortie 14 reliés à une extrémité de ce corps et communiquant avec une chambre centrale 16 dans laquelle est formé un siège 18 d'un clapet 20. L'actionneur est maintenu dans le corps 10 au moyen d'une chemise cylindrique amagnétique 22 formant réceptacle et d'un couvercle 24, l'ensemble réceptacle-couvercle étant solidarisé, par exemple, par un écrou 26. L'actionneur est traversé selon son axe longitudinal par un arbre 28 de transmission du mouvement qui est solidaire d'une tige de poussée 30 sur laquelle est monté le clapet 20. Un ressort de rappel 32 qui prend appui sur une face exter-

ne de la chemise 22 permet le positionnement de l'arbre 28 en butée mécanique arrière dans une position extrême basse (position de repos de l'actionneur) dans laquelle le clapet 20 repose sur son siège.

[0016] L'actionneur se présente sous la forme d'un circuit magnétique, comportant un circuit électrique tubulaire 34 implanté dans une pièce magnétique 40, et à l'intérieur duquel sont disposés coaxialement à la fois un noyau mobile 36 et une pièce polaire fixe 38 tout en laissant entre ces deux éléments coaxiaux un premier espace libre dans le sens axial. Le noyau 36 et la pièce polaire 38 sont percés selon leur axe longitudinal pour recevoir l'arbre 28 de transmission du mouvement qui est amagnétique. Le diamètre externe de l'arbre 28 présente une dimension supérieure sur une partie d'extrémité supérieure 28a s'étendant sur une partie supérieure de la paroi interne de la pièce polaire 38 de telle sorte qu'il existe un espace annulaire complémentaire 37 entre la surface externe de l'arbre 28 de section moyenne non surdimensionnée 28b et la partie de la paroi de la pièce polaire 38 qui n'est pas en contact avec cette portion d'arbre 28b de section moyenne, laquelle portion 28b présente un diamètre externe correspondant au diamètre interne du noyau mobile 36. La pièce 40 recouvre les surfaces externes du bobinage électrique 34 et de la pièce polaire 38 de même qu'une partie de la paroi interne de ce circuit tubulaire 34 disposée en regard du noyau 36. Dans l'espace annulaire 37 séparant la pièce polaire 38 de l'arbre 28 est disposée une pièce intermédiaire annulaire 42 en forme de T (renversé ou non selon la disposition respective des éléments composant l'actionneur) dont la branche horizontale ou l'embase de plus grand diamètre 42a s'étend dans le premier espace existant axialement entre cette pièce polaire 38 et le noyau 36. Cette pièce 42, qui doit pouvoir assurer la continuité magnétique et est de ce fait constituée par exemple en un matériau ferromagnétique, est libre de coulisser d'une part intérieurement le long de la portion 28b de l'arbre 28 et d'autre part extérieurement le long de la pièce polaire 38. La surface périphérique de l'embase 42a de la pièce intermédiaire 42 comporte un épaulement 42b destiné à venir en butée contre un épaulement correspondant 44b d'une bague 44 faite en un matériau amagnétique et disposée contre la paroi interne du circuit électrique 34 dans l'espace séparant axialement la pièce polaire 38 du noyau 36. Le diamètre interne de la partie inférieure 44a de cette bague 44 correspond au diamètre externe du noyau 36 pour constituer une paroi de guidage de ce dernier lors de son déplacement sous l'action du champ magnétique créé dans l'actionneur. La pièce intermédiaire 42 qui est insérée dans le circuit magnétique constitué de la pièce polaire 38, de la pièce magnétique 40 du bobinage électrique et du noyau 36 définit au repos selon l'axe longitudinal de l'actionneur des entreffers e1 et e2 entre la pièce intermédiaire 42 et respectivement le noyau 36 et la pièce polaire 38.

[0017] Le fonctionnement de cette électrovanne sera

décrit en regard des figures 2 à 4. Au repos (figure 2 et demi-vue droite de la figure 1), en l'absence d'excitation du circuit magnétique, l'effort de rappel exercé par le ressort 32 maintient le clapet 20 sur son siège 18 interdisant toute liaison entre les canaux d'entrée 12 et de sortie 14. Le noyau 36 est dans une position extrême basse, sa face inférieure plaquée (à l'exception d'un léger jeu destiné à assurer l'appui du clapet 20) contre le fond du réceptacle 22 par l'arbre 28 qui le traverse, est soumis directement à l'effort de rappel du ressort 32 et possède un épaulement 28c coopérant avec un épaulement complémentaire 36c du noyau 36 (ces épaulements peuvent être très simplement réalisés par une réduction du diamètre de l'arbre 28 et du noyau 36 sur une partie de la longueur du noyau). La pièce intermédiaire 42 poussée par l'arbre 28 est en butée sur l'épaulement interne 44b de la bague 44 de telle sorte qu'il puisse subsister l'entrefer e1 entre la face radiale externe de son embase 44a et la face supérieure radiale du noyau 36. Dans cette position de repos, toutes les pièces précitées sont fixes et ne disposent donc pas de degrés de liberté selon l'axe longitudinal de l'actionneur.

[0018] A la mise en courant (figure 3), un champ magnétique s'établit entre le noyau 36 et la pièce polaire 38 au travers de la pièce intermédiaire 42 dont une face cylindrique externe 42c est en contact glissant avec la pièce polaire 38. Compte tenu de l'entrefer e1 existant entre la face supérieure du noyau 36 et la face radiale externe de l'embase 42a de la pièce intermédiaire 42, le flux traversant cette dernière est limité et notamment il n'entraîne pas une saturation du circuit magnétique. Le flux traverse alors la pièce intermédiaire en quasi totalité par le contact existant entre cette pièce 42 et la pièce polaire 38. L'actionneur, dans cette phase de fonctionnement, se comporte comme un circuit magnétique classique ayant pour unique entrefer e1 et il va donc générer une force d'attraction entre le noyau 36 et la pièce intermédiaire 42 qui tend à réduire cet entrefer e1. Cette réduction puis la disparition complète de l'entrefer (par collage du noyau 36 contre la pièce intermédiaire 42) provoque un accroissement considérable du flux traversant la pièce intermédiaire 42. Il en résulte une saturation magnétique de la pièce 42 et corrélativement une déviation du flux par l'entrefer e2 existant entre la face radiale interne de l'embase 42a de la pièce intermédiaire 42 et la face radiale inférieure de la pièce polaire 38. Il se crée alors une nouvelle force d'attraction entre ces deux pièces 42, 38 permettant de réduire jusqu'à sa disparition l'espace les séparant (figure 4 et demi-vue de gauche de la figure 1).

[0019] D'autres exemples de réalisation de l'actionneur selon l'invention sont montrés aux figures 5 à 12.

[0020] Sur la figure 5, qui montre l'actionneur dans une position haute de collage (les entrefers e1 et e2 étant fermés), la pièce intermédiaire 42 présente une forme en Y avec une embase conique 42d dont l'extrémité est initialement en butée contre l'épaulement 44b de la bague 44 en matériau amagnétique. Le fonction-

nement de cet actionneur est strictement identique à celui décrit précédemment en regard des figures 2 à 4, la présence des surfaces coniques de contact permettant toutefois d'obtenir une course plus importante à entrefers identiques ou une même course avec des entrefers plus faibles.

[0021] La figure 6 illustre, dans une position de repos initiale, un autre exemple de réalisation de l'actionneur selon l'invention dans lequel l'espace libre dans le sens axial existant entre la pièce polaire 38 et le noyau mobile 36 comporte non seulement une mais deux pièces intermédiaires 42 et 43. Par cette structure, l'effet de relais du flux magnétique engendré par ces pièces peut être étendu à plus de deux entrefers, allongeant d'autant la course de l'actionneur, et cela sans perte importante de force d'appel. Dans cette configuration particulière, la première pièce intermédiaire 42 présente une forme en T avec une embase 42a dont la surface périphérique repose sur un premier épaulement 44b de la bague amagnétique 44 et ainsi définit, comme précédemment, l'entrefer e1 entre la face radiale externe de cette embase et la face supérieure du noyau 36. La première pièce intermédiaire 42 est libre de coulisser d'une part intérieurement le long de l'arbre 28 et d'autre part extérieurement le long d'une face cylindrique interne 43a de la seconde pièce intermédiaire 43. Pareillement, cette seconde pièce 43 peut elle-même coulisser également intérieurement le long de l'arbre 28 (sur une partie 28d de diamètre légèrement supérieur au diamètre moyen de cet arbre sur lequel peut coulisser la pièce 42) et extérieurement, par une partie de sa face cylindrique externe 43b, le long à la fois de la bague 44 et d'une face latérale interne de la pièce polaire 38. Un second épaulement 44c est formé dans cette bague 44 pour constituer une butée pour la seconde pièce intermédiaire 43 et pour définir au repos le second entrefer e2 entre la face radiale interne de l'embase 42a et la face radiale externe de la seconde pièce 43. Un troisième entrefer e3 est présent entre la face radiale interne de la seconde pièce intermédiaire 43 et la face radiale externe de la pièce polaire 38, le maintien, dans sa position de repos, de cette seconde pièce 43 étant obtenu par l'action de la partie d'extrémité de l'arbre de dimension supérieure 28a sur une partie de sa face radiale interne.

[0022] Le fonctionnement de cette variante de réalisation à trois entrefers est dans son principe analogue à celui régissant la version préférentielle à deux entrefers. A la mise en courant du bobinage électrique d'excitation 34, le champ magnétique s'établit entre le noyau 36 et la pièce polaire 38 à travers les pièces intermédiaires 42 et 43 qui sont en contact glissant entre elles. L'actionneur se comporte comme un circuit magnétique classique ayant pour unique entrefer e1 et il va donc générer une force d'attraction entre le noyau 36 et la première pièce intermédiaire 42 qui tend à réduire ce premier entrefer. Cette réduction puis la disparition complète de l'entrefer (par collage du noyau contre la première pièce intermédiaire) provoque un accroissement

considérable du flux traversant la première pièce 42. Il en résulte une saturation magnétique de cette pièce et corrélativement une déviation du flux par le deuxième entrefer 2 existant entre la face interne de l'embase de la première pièce intermédiaire et la face radiale externe de la seconde pièce intermédiaire 43. Il se crée alors une nouvelle force d'attraction entre les deux pièces intermédiaires permettant de réduire jusqu'à sa disparition l'espace e2 les séparant et entraînant également une saturation magnétique de la seconde pièce intermédiaire avec pour conséquence une déviation du flux par le troisième entrefer e3 ménagé entre la face radiale interne de la seconde pièce intermédiaire 43 et la face radiale externe de la pièce polaire 38. Une force d'attraction nouvelle va alors naître et entraîner la disparition progressive de ce dernier entrefer.

[0023] Bien entendu, il est possible d'adapter cet exemple de réalisation à trois entrefers sur le modèle de la figure 5 avec des surfaces de contact coniques.

[0024] Les figures 7 à 9 illustrent l'application de l'invention à des actionneurs à "palettes". Avec ce type de dispositifs, la force d'appel comme la course peuvent être avantageusement augmentées par l'adjonction d'une ou plusieurs pièces intermédiaires servant de relais au flux magnétique et disposées dans l'entrefer existant entre la pièce mobile 66 et la pièce polaire 68. Dans les dispositifs de l'art antérieur, la pièce mobile (la palette 66) est articulée avec la pièce polaire 68 qu'en-toure le bobinage magnétique 60. Des moyens de retenue de cette pièce mobile, non représentés, permettent, dans la position de repos initiale de la figure 7, de maintenir le circuit magnétique ouvert en créant une force F de rappel sur la palette. Dans la structure de l'invention, l'extrémité libre d'une pièce intermédiaire 62 articulée sur la pièce mobile 66 repose sur un épaulement 64b d'une pièce en un matériau amagnétique 64 en définissant un premier entrefer e1 entre la pièce intermédiaire et la pièce polaire et un second entrefer e2 entre cette pièce intermédiaire et la pièce mobile. Des solutions alternatives peuvent résulter de la suppression de la pièce 64 et de la mise en place d'un dispositif de limitation de course angulaire de la pièce intermédiaire 62 par rapport à la pièce mobile 66.

[0025] Le fonctionnement de cet actionneur peut être simplement décrit comme suit. A la mise sous tension du bobinage magnétique 60, le flux magnétique traverse la pièce intermédiaire 62 par l'articulation commune avec la pièce mobile 66 et tend à réduire l'entrefer e1 existant entre cette pièce et la pièce polaire 68. Celui-ci réduit, la pièce 62 est alors rapidement saturée par le flux magnétique dont l'action va accentuer le basculement de la pièce mobile en venant combler le second entrefer e2 et ainsi provoquer la fermeture totale de l'actionneur (figure 9).

[0026] Les figures 10 à 12 illustrent une autre application de l'invention à des actionneurs plus classiques du type "relais" dans lesquels la structure de l'invention permet d'augmenter la course sans réduction de perfor-

mances. La figure 10 montre une structure classique avec une pièce polaire 78, un noyau mobile 76 et un bobinage magnétique 70. La pièce mobile 76 est séparée par un entrefer e de la pièce polaire 78 par l'action d'une force F de rappel. Dans la structure de l'invention, la pièce mobile est munie d'une pièce intermédiaire en forme d'étrier 72 placée dans l'entrefer e et dont les branches 72a peuvent coulisser le long de la pièce 76 tandis que le plancher 72b de cet étrier définit des entrefers e1 et e2 respectivement avec la pièce polaire 78 et la pièce mobile 76. Une pièce 74 en un matériau amagnétique est disposée à l'extrémité de la pièce mobile 76 afin de servir de butée au repos pour la pièce intermédiaire 72.

[0027] Le principe de fonctionnement de cet actionneur est semblable au précédent. Lors de l'excitation du circuit magnétique 70, le flux créé entre la pièce mobile et la pièce polaire traverse la pièce intermédiaire 72 (par les contacts latéraux entre les branches de l'étrier 72 et la pièce mobile 76) et tend à réduire l'entrefer e1 existant entre cette dernière et la pièce polaire. Dès la disparition de l'entrefer, la pièce 72 se sature magnétiquement et le flux magnétique tend alors à réduire le second entrefer e2 pour aboutir à la configuration de la figure 12 dans laquelle la pièce mobile se retrouve collée contre la pièce polaire par l'intermédiaire de la pièce 72.

[0028] Les résultats obtenus en matière de force sont montrés comparativement sur la figure 13 avec un circuit magnétique classique de l'art antérieur (avec un unique entrefer ; courbe 50) et avec un actionneur à deux entrefers tel que celui de la figure 1 (courbe 52). Ces courbes ont été réalisées pour des configurations structurelles identiques de ces deux types d'actionneur à l'exception de la configuration de l'entrefer. Une géométrie avec des entrefers e1 et e2 égaux ( $e1+e2=e$  de l'art antérieur) a été choisie mais en pratique un choix différent des valeurs d'entrefer devra et saura être fait par l'homme de l'art en fonction du profil d'évolution de force souhaité en fonction de la course.

[0029] Dans l'exemple représenté, il peut ainsi être remarqué que, à course égale et pour des déplacements supérieurs à 2,5 mm, la force d'attraction est de 50 à plus de 100 % supérieure à celle enregistrée par un actionneur classique. De même, à force d'attraction égale, la course de l'actionneur peut être allongée de 30 à 100 % selon les cas.

[0030] Les dispositifs décrits précédemment sont particulièrement bien adaptés à la réalisation d'électrovannes nécessitant l'emploi d'un actionneur linéaire à grande course. Mais bien entendu, son emploi ne saurait être limité à ces seuls dispositifs d'étanchéité et une utilisation pour un vérin magnétique est aussi envisageable.

55

## Revendications

1. Actionneur magnétique comprenant un circuit élec-

trique (34, 60, 70), une pièce fixe (38,68,70) disposée au moins en partie à l'intérieur de ce circuit électrique, une pièce mobile (36,66,76) destinée à être collée contre la pièce fixe, dont elle est séparé par un entrefer, sous l'effet d'un courant d'excitation traversant le circuit électrique, et au moins une pièce intermédiaire (42, 43, 62, 72) constituée en un matériau ferromagnétique, disposée dans cet entrefer, et pouvant se déplacer entre la pièce fixe et la pièce mobile, caractérisé en ce que une partie (42c) de cette pièce intermédiaire et en contact avec l'une ou l'autre de ces pièces fixe ou mobile et en ce que des moyens (44, 64, 74) de limitation de la course de la pièce intermédiaire sont prévus pour, en l'absence d'excitation, maintenir la pièce intermédiaire dans une position déterminée de repos dans laquelle cette pièce intermédiaire est immobile et séparée de la pièce fixe et de la pièce mobile respectivement par des premier et second entrefers, ces moyens de limitation de la course de la pièce intermédiaire étant constitués par une pièce faite en un matériau amagnétique.

2. Actionneur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite pièce intermédiaire est formée d'une première pièce intermédiaire (42) et d'une seconde pièce intermédiaire (43) séparée l'une de l'autre par un troisième entrefer, une partie (43a) de la seconde pièce intermédiaire étant en contact avec la première pièce intermédiaire.

3. Actionneur magnétique selon la revendication 1 comportant un circuit électrique tubulaire (34) implanté dans une pièce magnétique (40) et à l'intérieur duquel sont disposés coaxialement à la fois un noyau mobile (36) et une pièce polaire fixe (38) tout en définissant entre ces deux éléments coaxiaux un premier espace dans le sens axial, le noyau (36) et la pièce polaire (38) étant percés selon leur axe longitudinal pour recevoir un arbre de transmission d'un mouvement (28), caractérisé en ce que le diamètre externe de l'arbre (28) présente une dimension supérieure sur une partie d'extrémité (28a) s'étendant sur une partie de la paroi interne de la pièce polaire (38) de telle sorte qu'il est créé un espace annulaire complémentaire (37) entre la surface externe de l'arbre (28) non surdimensionnée (28b) et la partie de la paroi de la pièce polaire (38) qui n'est pas en contact avec cet arbre (28), cet espace complémentaire (37) pouvant recevoir une pièce intermédiaire annulaire (42) en forme de T dont l'embase (42a) de plus grand diamètre s'étend dans ledit premier espace et qui est libre de coulisser d'une part intérieurement le long de l'arbre (28) et d'autre part extérieurement le long de la pièce polaire (38).

4. Actionneur magnétique selon la revendication 3,

5. caractérisé en ce que la pièce intermédiaire (42) comporte sur la surface périphérique de son embase (42a) un épaulement (42b) destiné à venir en butée contre un épaulement correspondant (44b) d'une bague (44) faite en un matériau amagnétique et disposée dans le premier espace contre la paroi interne du circuit électrique (34).

10. 5. Actionneur magnétique selon la revendication 3, caractérisé en ce que la pièce intermédiaire annulaire (42) en forme de T est remplacée par une pièce intermédiaire annulaire en forme de Y avec une embase à surfaces coniques (42d) dont l'extrémité est destinée à venir en butée contre un épaulement (44b) d'une bague (44) faite en un matériau amagnétique et disposée dans le premier espace contre la paroi interne du circuit électrique (34).

15. 6. Actionneur magnétique selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'arbre (28) comporte un épaulement (28c) coopérant avec un épaulement complémentaire (36c) du noyau (36) de telle sorte qu'il puisse être réalisé une transmission du mouvement entre ces deux éléments.

20. 7. Actionneur magnétique selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit épaulement est réalisé par le fait que l'arbre (28) comporte sur une partie de sa longueur en contact avec le noyau (36) un diamètre externe de dimension moindre correspondant avec un diamètre également réduit de ce noyau (36).

25. 8. Actionneur magnétique selon la revendication 3, caractérisé en ce que la pièce magnétique (40) recouvre les surfaces externes du circuit électrique (34) et de la pièce polaire (38) ainsi qu'une partie de la paroi interne de ce circuit disposée en regard du noyau (36).

30. 9. Actionneur magnétique selon la revendication 3, caractérisé en ce que, en l'absence d'excitation du circuit électrique (34), l'arbre (28) est soumis à une force de rappel obtenue par l'action d'un ressort (32) dont une extrémité est solidaire de cet arbre et dont l'autre extrémité prend appui sur une paroi externe (22) de l'actionneur.

35. 10. Electrovanne munie d'un actionneur magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

40. 11. Procédé de commande d'un actionneur magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que tout d'abord on provoque la réduction du premier entrefer par une attraction entre une première pièce magnétique et la pièce intermédiaire (42,62,72) et, une fois le collage établi, on provoque ensuite la réduction du second entre-

par une seconde attraction entre l'ensemble ainsi formé et une seconde pièce magnétique dont une partie est en contact avec la pièce intermédiaire.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la seconde attraction est obtenue après saturation magnétique de la pièce intermédiaire et dérivation du flux magnétique au travers du second entrefer.

#### Patentansprüche

1. Magnetischer Steller mit einem Stromkreis (34, 60, 70), einem feststehenden Teil (38, 68, 70), das zumindest teilweise im Inneren dieses Stromkreises angeordnet ist, einem beweglichen Teil (36, 66, 76), das dazu bestimmt ist, unter der Einwirkung eines den Stromkreis durchfließenden Erregungsstroms gegen das feststehende Teil, von welchem es durch einen Luftspalt getrennt ist, anzukleben, sowie mit mindestens einem aus einem ferromagnetischen Werkstoff bestehenden Zwischenteil (42, 43, 62, 72), das in diesem Luftspalt angeordnet ist und sich dabei zwischen dem feststehenden Teil und dem beweglichen Teil verlagern kann, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abschnitt (42c) dieses Zwischenteils mit dem einen oder anderen dieser feststehenden oder beweglichen Teile in Kontakt steht, und dass Einrichtungen (44, 64, 74) zur Begrenzung des Hubwegs des Zwischenteils vorgesehen sind, um bei fehlender Erregung das Zwischenteil in einer vorgegebenen Ruhelage zu halten, in welcher dieses Zwischenteil unbeweglich und mittels eines ersten und zweiten Luftspalts im Abstand von dem feststehenden Teil bzw. dem beweglichen Teil gehalten ist, wobei diese Einrichtungen zur Begrenzung des Hubwegs aus einem aus nichtmagnetischem Werkstoff bestehenden Teil gebildet sind.
2. Steller nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenteil aus einem ersten Zwischenteil (42) und einem zweiten Zwischenteil (43) gebildet ist, die durch einen dritten Luftspalt voneinander getrennt sind, wobei sich ein Abschnitt (43a) des zweiten Zwischenteils in Kontakt mit dem ersten Zwischenteil befindet.
3. Magnetischer Steller nach Anspruch 1, welcher einen rohrförmigen Magnetkreis (34) aufweist, der in ein Polschuh (40) eingesetzt ist und in dessen Innerem koaxial ein beweglicher Kern (36) und ein feststehender Polschuh (38) angeordnet sind, wobei zwischen diesen beiden koaxialen Elementen ein erster freier Raum in axialer Richtung definiert ist und wobei der Kern (36) sowie der Polschuh (38) in Richtung ihrer Längsachse so von einer Bohrung durchzogen sind, dass sie eine Welle (28) zur Über-

tragung von Bewegungen aufnehmen können, dadurch gekennzeichnet, dass der Außendurchmesser der Welle (28) eine größere Abmessung auf einem Endabschnitt (28a) aufweist, der sich über einen Teil der Innenwandung des Polschuhs (38) erstreckt, so dass ein komplementärer Ringraum (37) zwischen der Außenfläche der nicht überdimensionierten Welle (28) und dem Abschnitt der Wandung des Polschuhs (38) entsteht, der nicht mit dieser Welle (28) in Kontakt steht, wobei dieser komplementäre Raum (37) zur Aufnahme eines ringförmigen Zwischenteils (42) in T-Form ausgelegt ist, dessen Ansatz (42a) mit größerem Durchmesser sich in dem ersten Raum erstreckt und das zum einen innen entlang der Welle (28) und zum anderen außen entlang des Polschuhs (38) frei gleitend angeordnet ist.

4. Magnetischer Steller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenteil (42) auf der Umfangsfläche seines Ansatzes (42a) eine Schulter (42b) aufweist, die dazu bestimmt ist, gegen eine entsprechende Schulter (44b) eines aus nichtmagnetischem Werkstoff bestehenden Rings (44) in Anlage zu kommen, welcher in dem ersten Raum gegen die Innenwandung des Magnetkreises (34) angeordnet ist.
5. Magnetischer Steller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass statt des T-förmigen Zwischenteils (42) ein Y-förmiges Zwischenteil eingesetzt ist, dessen Ansatz konische Flächen (42d) aufweist, dessen Ende zur Anlage gegen eine Schulter (44b) eines Rings (44) aus nichtmagnetischem Werkstoff bestimmt ist, welcher in dem ersten Raum gegen die Innenwandung des Magnetkreises (34) angeordnet ist.
6. Magnetischer Steller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (28) eine Schulter (28c) aufweist, die mit einer komplementären Schulter (36c) des Kerns (36) in der Weise zusammenwirkt, dass eine Übertragung der Bewegung zwischen diesen beiden Elementen realisierbar ist.
7. Magnetischer Steller nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schulter dadurch ausgebildet ist, dass die Welle (28) über einen mit dem Kern (36) in Kontakt stehenden Abschnitt ihrer Länge einen Durchmesser von geringerer Abmessung in Entsprechung zu einem ebenfalls verringerten Durchmesser dieses Kerns (36) aufweist.
8. Magnetischer Steller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Polschuh (40) die Außenflächen des Stromkreises (34) und des Polschuhs (38) sowie einen Teil der Innenwandung dieses Kreises, der dem Kern (36) gegenüber liegt, über-

deckt.

9. Magnetischer Steller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei fehlender Erregung des Stromkreises (34) auf die Welle(28) eine Rückstellkraft einwirkt, welche durch Einwirkung einer Feder (32) erhalten wird, deren eines Ende fest mit dieser Welle verbunden ist und deren anderes Ende sich auf einer Außenwandung (22) des Stellers abstützt.
10. Elektroventil mit einem magnetischen Steller nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
11. Verfahren zur Ansteuerung eines magnetischen Stellers nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst die Verkleinerung des ersten Luftspalts durch Anziehung zwischen einem ersten Polschuh und dem Zwischenteil (42, 62, 72) herbeigeführt wird, und sobald das Ankleben bewirkt ist, anschließend die Verkleinerung des zweiten Luftspalts durch eine zweite Anziehung zwischen dem so gebildeten Verbund und einem zweiten Polschuh herbeigeführt wird, dessen einer Abschnitt sich in Kontakt mit dem Zwischenteil befindet.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Anziehung nach magnetischer Sättigung des Zwischenteils und Ableitung des Magnetflusses durch den zweiten Luftspalt erreicht wird.

#### Claims

1. Magnetic actuator comprising an electric circuit (34,60,70), a fixed piece (38,68,70) arranged at least in part inside this electric circuit, a movable piece (36,66,76) intended to be stuck against the fixed piece, from which it is separated by an air-gap, under the effect of an excitation current passing through the electric circuit, and at least one intermediate piece (42,43,62,72) consisting of a ferromagnetic material, arranged in this air-gap, and able to be displaced between the fixed piece and the movable piece, characterized in that a part (42c) of this intermediate piece is in contact with one or other of these fixed or movable pieces and in that means (44,64,74) for limiting the travel of the intermediate piece are provided so as, in the absence of excitation, to maintain the intermediate piece in a determined position of rest in which this intermediate piece is stationary and separated from the fixed piece and the movable piece respectively by first and second air-gaps, these means for limiting the travel of the intermediate piece consisting of a piece made of amagnetic material.

2. Actuator according to Claim 1, characterized in that the said intermediate piece is formed from a first intermediate piece (42) and from a second intermediate piece (43) separated from one another by a third air-gap, a part (43a) of the second intermediate piece being in contact with the first intermediate piece.
3. Magnetic actuator according to Claim 1, comprising a tubular electric circuit (34) implanted in a magnetic piece (40) and inside which circuit are arranged coaxially both a movable core (36) and a fixed pole piece (38) whilst defining between these two coaxial elements a first space in the axial direction, the core (36) and the pole piece (38) being drilled along their longitudinal axis so as to receive a shaft for transmitting a motion (28), characterized in that the external diameter of the shaft (28) has a greater dimension over an end part (28a) extending over a part of the internal wall of the pole piece (38) so that a complementary annular space (37) is created between the non-overdimensioned external surface (28b) of the shaft (28) and the part of the wall of the pole piece (38) which is not in contact with this shaft (28), this complementary space (37) being able to receive an annular intermediate piece (42) in the shape of a T whose base (42a) of larger diameter extends in the said first space and which is free to slide on the one hand internally along the shaft (28) and on the other hand externally along the pole piece (38).
4. Magnetic actuator according to Claim 3, characterized in that the intermediate piece (42) comprises on the peripheral surface of its base (42a) a shoulder (42b) intended to come into abutment against a corresponding shoulder (44b) of a bush (44) made of amagnetic material and arranged in the first space against the internal wall of the electric circuit (34).
5. Magnetic actuator according to Claim 3, characterized in that the annular intermediate piece (42) in the shape of T is replaced with an annular intermediate piece in the shape of a Y having a base with conical surfaces (42d), the end -of which is intended to come into abutment against a shoulder (44b) of a bush (44) made of amagnetic material and arranged in the first space against the internal wall of the electric circuit (34).
6. Magnetic actuator according to Claim 3, characterized in that the shaft (28) comprises a shoulder (28c) co-operating with a complementary shoulder (36c) of the core (36) so that transmission of the motion can be effected between these two elements.

7. Magnetic actuator according to Claim 6, characterized in that the said shoulder is realised through the fact that the shaft (28) comprises over a part of its length in contact with the core (36) an external diameter of lesser dimension corresponding with a likewise reduced diameter of this core (36). 5

8. Magnetic actuator according to Claim 3, characterized in that the magnetic piece (40) covers the external surfaces of the electric circuit (34) and of the pole piece (38) as well as a part of the internal wall of this circuit, arranged opposite the core (36). 10

9. Magnetic actuator according to Claim 3, characterized in that, in the absence of excitation of the electric circuit (34), the shaft (28) is subjected to a restoring force obtained through the action of a spring (32), one end of which is secured to this shaft and the other end of which bears on an external wall (22) of the actuator. 15 20

10. Electrovalve furnished with a magnetic actuator according to any one of Claims 1 to 9.

11. Process for operating a magnetic actuator according to any one of Claims 1 to 10, characterized in that, to begin with, a reduction of the first air-gap is brought about by attraction between a first magnetic piece and the intermediate piece (42,62,72) and, once sticking has been established, a reduction in the second air-gap is brought about thereafter through a second attraction between the assembly thus formed and a second magnetic piece of which a part is in contact with the intermediate piece. 25 30 35

12. Process according to Claim 11, characterized in that the second attraction is obtained after magnetic saturation of the intermediate piece and diversion of the magnetic flux across the second air-gap. 40

45

50

55

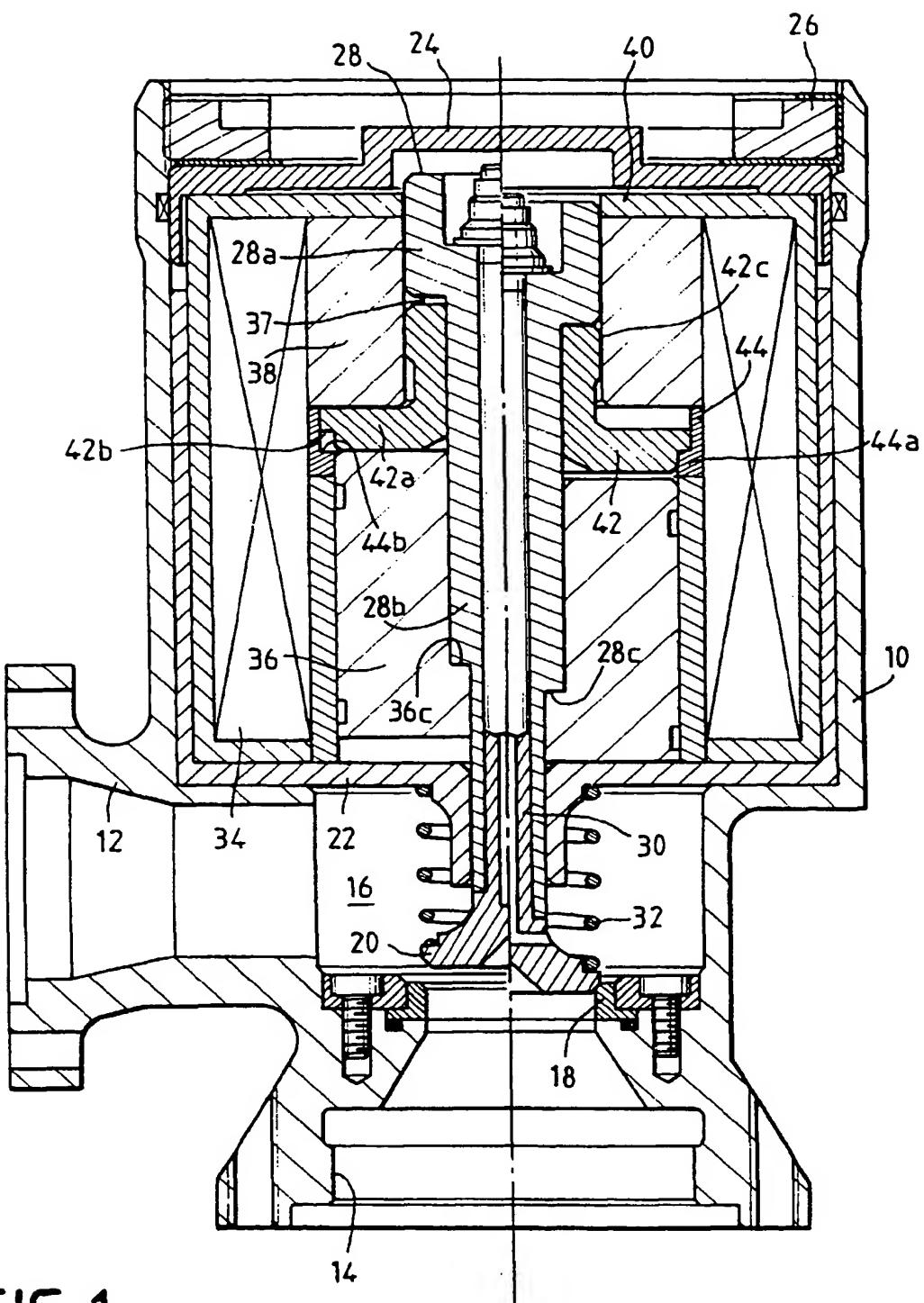
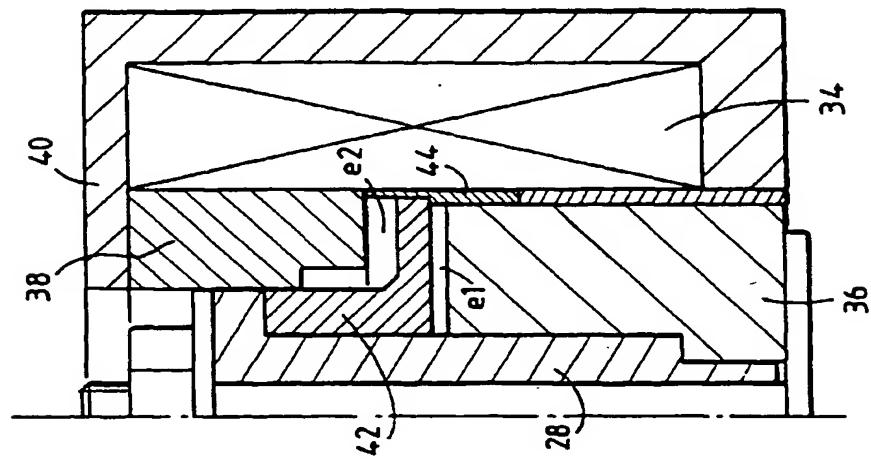
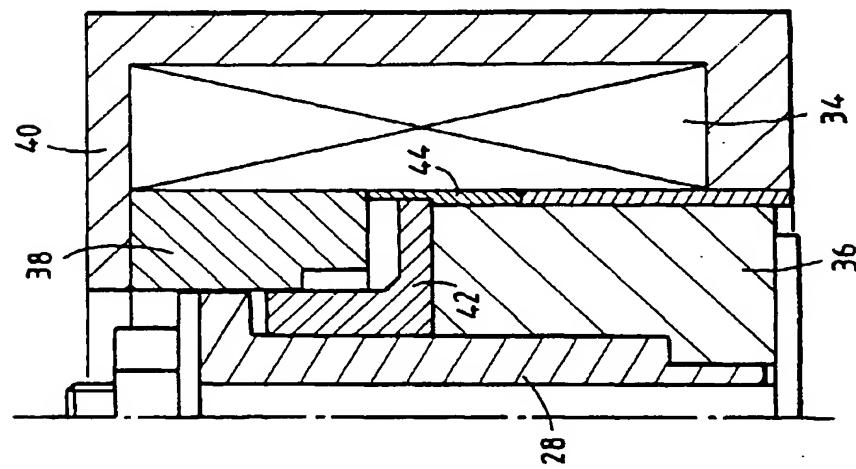
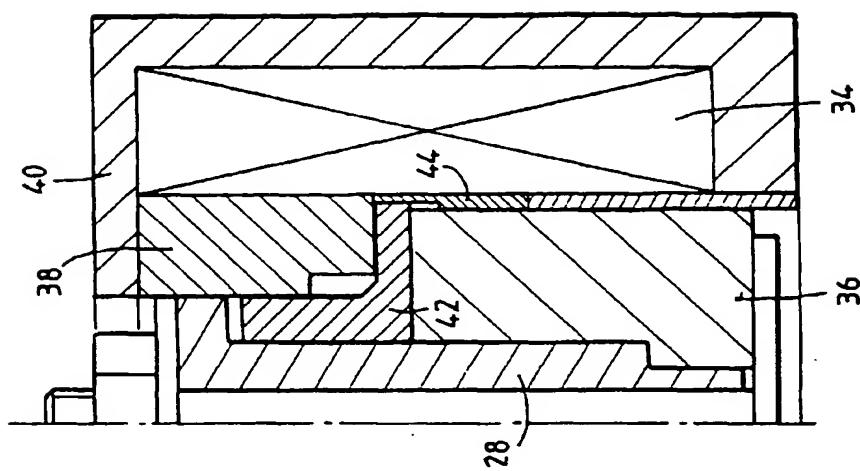
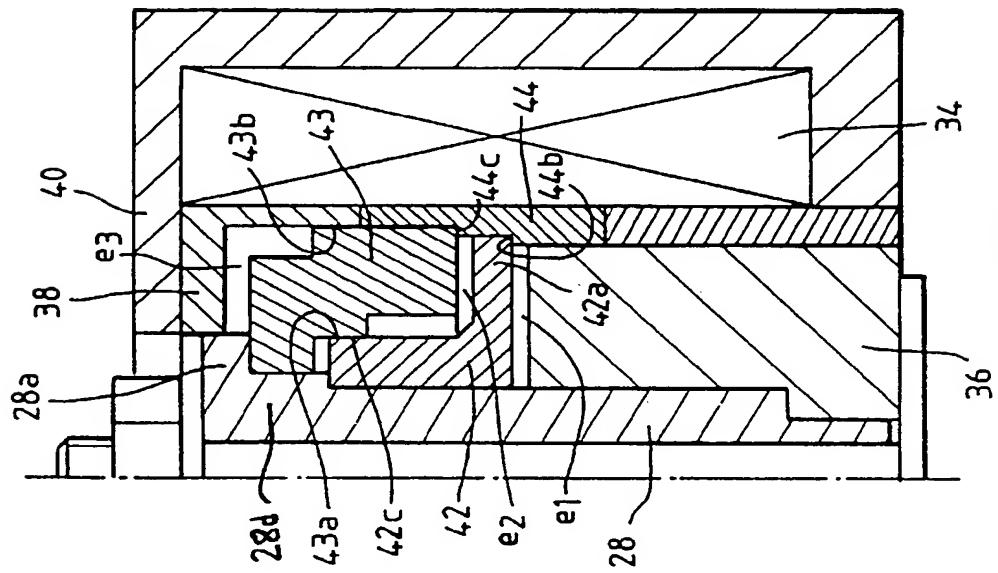
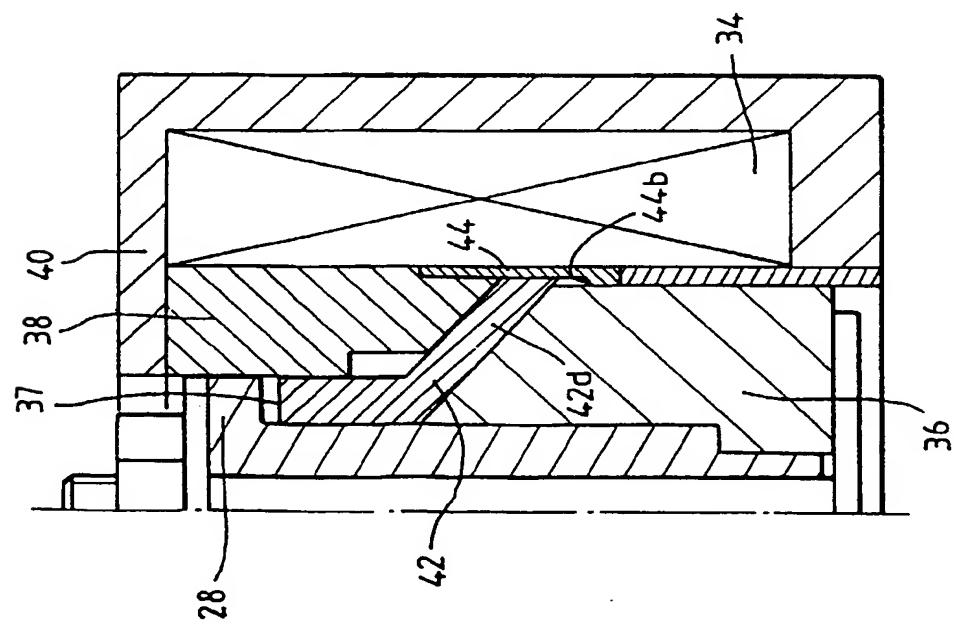


FIG. 1

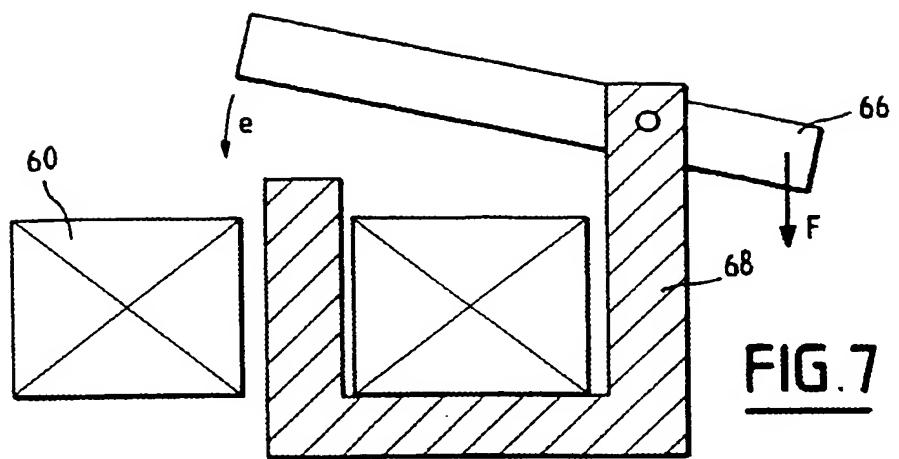




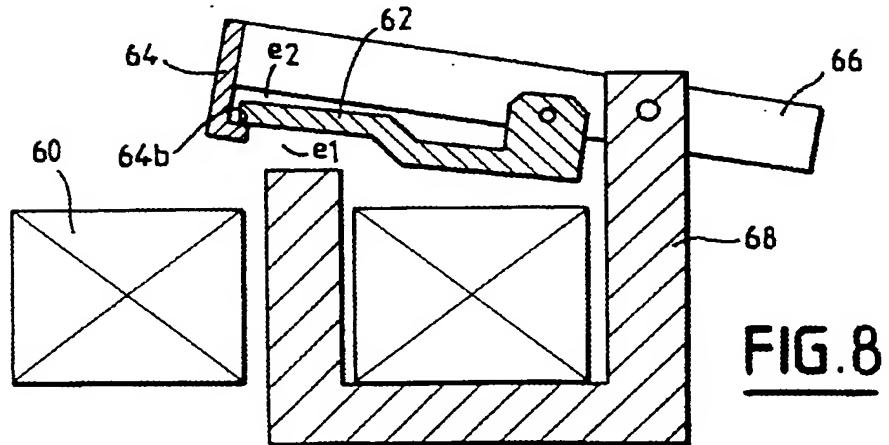
**FIG. 6**



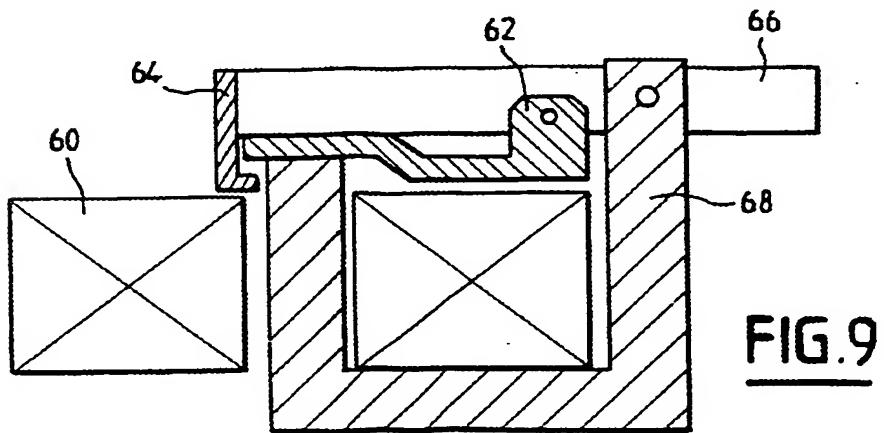
**FIG. 5**



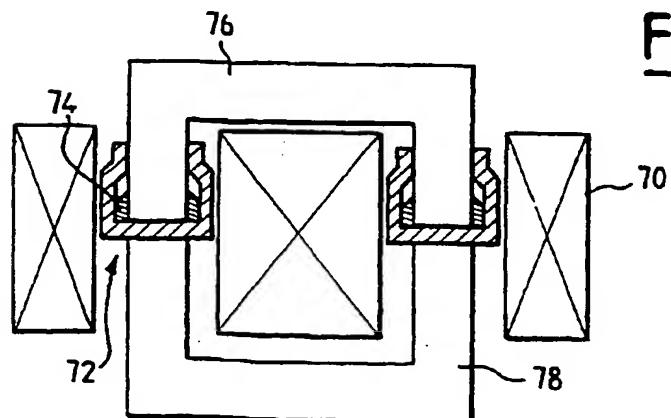
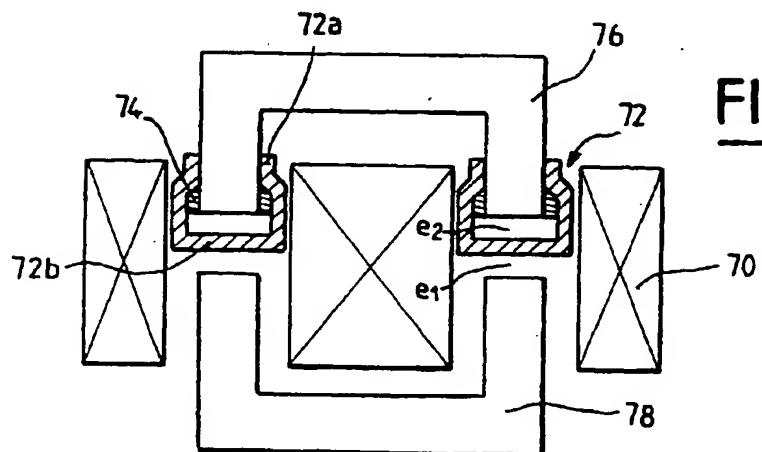
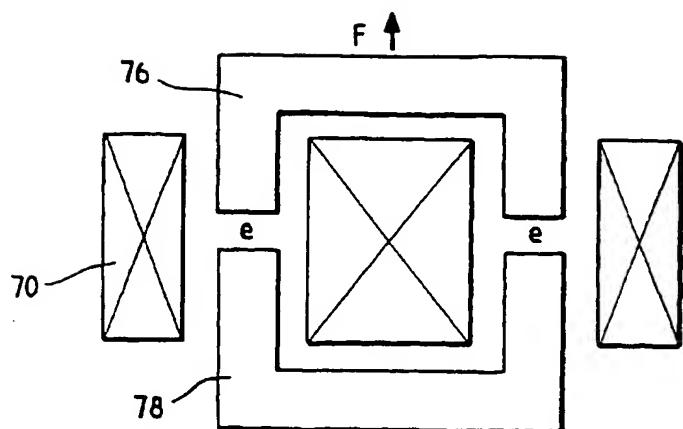
**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**



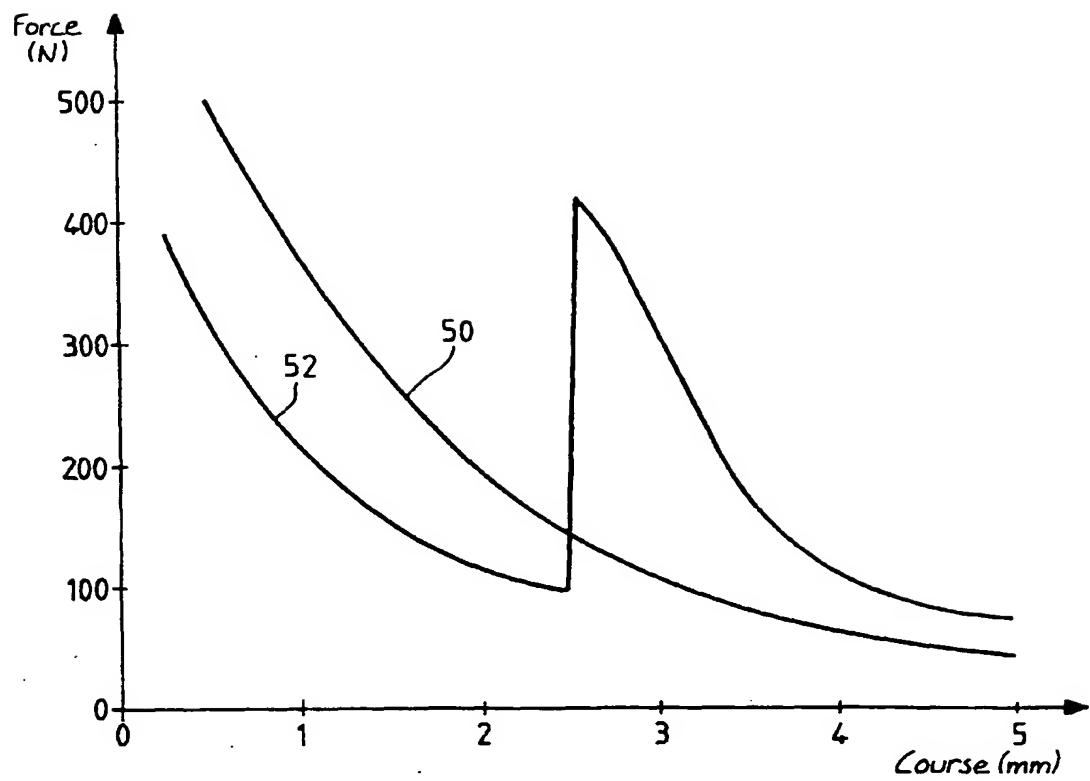


FIG.13

